

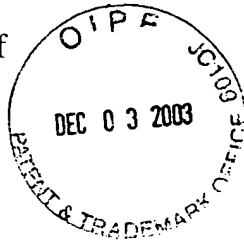
**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of

TOMITA, H. et al.

Serial No. 10/645,842

Filed: August 22, 2003



Atty. Ref.: 1207-101

Group: 3682

Examiner:

For: BEARING MATERIAL FOR POROUS HYDROSTATIC  
GAS BEARING AND POROUS HYDROSTATIC GAS  
BEARING USING THE SAME

\* \* \* \* \*

December 3, 2003

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS**

It is respectfully requested that this application be given the benefit of the foreign filing date under the provisions of 35 U.S.C. §119 of the following, a certified copy of which is submitted herewith:

<u>Application No.</u>	<u>Country of Origin</u>	<u>Filed</u>
2002-248477	JP	28 August 2002
2003-041558	JP	19 February 2003

Respectfully submitted,

NIXON & VANDERHYE P.C.

By:

Arthur R. Crawford  
Reg. No. 25,327

ARC:eaw  
1100 North Glebe Road, 8th Floor  
Arlington, VA 22201-4714  
Telephone: (703) 816-4000  
Facsimile: (703) 816-4100

# **TAKADA & ASSOCIATES**

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: August 28, 2002

Application Number: Patent Application No. 2002-248477

Applicant(s): OILES CORPORATION

August 1, 2003

Commissioner, Japan Patent Office, Yasuo Imai

(Seal)

Certified 2003-3061918

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年 8月28日  
Date of Application:

出願番号 特願2002-248477  
Application Number:

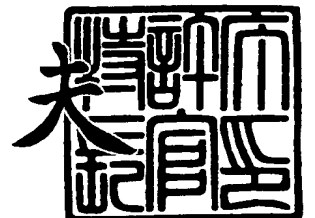
[ST. 10/C]: [JP 2002-248477]

出願人 オイレス工業株式会社  
Applicant(s):

2003年 8月 1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2003-3061918

【書類名】 特許願

【整理番号】 11-1107

【提出日】 平成14年 8月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県藤沢市桐原町 8 番地   オイレス工業株式会社藤  
                                沢事業場内

    【氏名】 富田 博嗣

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県藤沢市桐原町 8 番地   オイレス工業株式会社藤  
                                沢事業場内

    【氏名】 熊谷 真文

【特許出願人】

    【識別番号】 000103644

    【氏名又は名称】 オイレス工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100098095

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 高田 武志

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 002299

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書   1

    【物件名】 図面   1

    【物件名】 要約書   1

    【包括委任状番号】 9700554

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 多孔質静圧気体軸受用の軸受素材及びこれを用いた多孔質静圧気体軸受

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステンレス鋼からなる裏金と、この裏金の少なくとも一方の面に接合層を介して一体にされた多孔質焼結金属層とを具備しており、多孔質焼結金属層の粒界に無機物質粒子が分散含有されている多孔質静圧気体軸受用の軸受素材であって、無機物質粒子を含有する多孔質焼結金属層は、4重量%以上10重量%以下の錫と、10重量%以上40重量%以下のニッケルと、0.1重量%以上0.5重量%未満の燐と、残部が銅からなることを特徴とする多孔質静圧気体軸受用の軸受素材。

【請求項2】 無機物質粒子は、2重量%以上10重量%以下の割合で多孔質焼結金属層に含有されている請求項1に記載の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材。

【請求項3】 無機物質粒子は、黒鉛、窒化ホウ素、フッ化黒鉛、フッ化カルシウム、酸化アルミニウム、酸化ケイ素及び炭化ケイ素のうちの少なくとも一つからなる請求項1又は2に記載の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材。

【請求項4】 裏金は、円筒状に形成されており、無機物質粒子を分散含有する多孔質焼結金属層は、裏金の円筒状の一方の面に接合層を介して一体にされている請求項1から3のいずれか一項に記載の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材。

【請求項5】 裏金は、平板状に形成されており、無機物質粒子を分散含有する多孔質焼結金属層は、裏金の平板状の一方の面に接合層を介して一体にされている請求項1から3のいずれか一項に記載の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材。

【請求項6】 接合層は、少なくともニッケルメッキ層を含んでおり、ニッケルメッキ層は、裏金の少なくとも一方の面に接合されている請求項1から5のいずれか一項に記載の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材。

【請求項7】 接合層は、ニッケルメッキ層と銅メッキ層との二層のメッキ

層を含んでおり、ニッケルメッキ層は、裏金の少なくとも一方の面に接合されており、多孔質焼結金属層は、銅メッキ層に接合されている請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材。

【請求項 8】 銅メッキ層は、ニッケルメッキ層の表面に接合されている請求項 7 に記載の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材。

【請求項 9】 銅メッキ層は、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚みを有している請求項 7 又は 8 に記載の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材。

【請求項 10】 銅メッキ層は、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚みを有している請求項 7 又は 8 に記載の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材。

【請求項 11】 ニッケルメッキ層は、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚みを有している請求項 6 から 10 のいずれか一項に記載の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材。

【請求項 12】 ニッケルメッキ層は、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚みを有している請求項 6 から 10 のいずれか一項に記載の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材。

【請求項 13】 請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の軸受素材を用いた多孔質静圧気体軸受であって、裏金には、無機物質粒子を分散含有する多孔質焼結金属層に圧縮気体を供給する手段が設けられている多孔質静圧気体軸受。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明が属する技術分野】

本発明は、多孔質焼結金属層を具備した静圧気体軸受用の軸受素材及びこの軸受素材を用いた多孔質静圧気体軸受に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

多孔質静圧気体軸受は、すぐれた高速安定性と高い負荷容量をもつものとして、従来から注目されており、種々研究もされているが実用化に際してはいくつかの克服すべき問題がある。

##### 【0003】

多孔質静圧気体軸受には、圧縮気体の供給手段を施した裏金に多孔質焼結金属体を組み付けてなる軸受素材が多く用いられ、この軸受素材における多孔質焼結金属体の形成材料としては、青銅、アルミニウム合金、ステンレス鋼を主体としたもの、特に青銅を主体としたものが多く用いられている。

#### 【 0 0 0 4 】

ところで、多孔質静圧気体軸受に用いる軸受素材には十分な通気性と 1 0 - 3 mm オーダーの表面粗さとが要求されるが、上記の軸受素材を静圧気体軸受に用いるには、多孔質焼結金属体それ自体は一応好ましい通気性を有するが、多孔質焼結金属体の寸法精度や表面粗さが充分でないので、多くの場合には、その表面に機械加工が施される。

#### 【 0 0 0 5 】

この機械加工は、主として旋盤及びフライス加工や研削により行われるが、この旋盤及びフライス加工や研削により多孔質焼結金属体の表面に目詰まりを惹起させ、その通気性（絞り特性）に大きく影響を与えることになる。とくに、研削においては、多孔質焼結金属体の表面に塑性流動を惹起させ、カエリやバリを生じさせる。

#### 【 0 0 0 6 】

また、多孔質焼結金属体は、上記のように、圧縮気体の供給手段を施した裏金に組み付けられ、例えば多孔質静圧ラジアル気体軸受の場合では、この組み付けに際しては、円筒状の裏金に円筒状の多孔質焼結金属体を圧入嵌着する手段が採られる。

#### 【 0 0 0 7 】

単なる滑り軸受の場合は、このような圧入嵌着手段を採ることでもそれ程問題を生じないが、多孔質静圧気体軸受においては、一見密に圧入嵌着されている両者の接触部に微細な隙間が存在するために、多孔質焼結金属体内の圧縮気体の本来の流通よりも、この隙間からの気体の漏洩が大きくなる場合がある。この隙間からの気体の漏洩は、当然、多孔質静圧気体軸受としての負荷容量の減少など性能の低下を来すことになるので極力これを防止することが好ましい。

#### 【 0 0 0 8 】

これに対処するために、締代を大きくして大きな圧入力で嵌着すれば、この部分の隙間はほぼ完全に無くすることができるが、逆に、裏金によって極めて大きな絞りを受ける多孔質焼結金属体の外表面側で焼結金属の塑性流動が生じる虞があり、したがって、裏金に嵌着後、圧縮気体の流通が多孔質焼結金属体の嵌着面側で大きく阻害されるという問題が生じる。

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上記問題に鑑み、本出願人は特願平9-342242号（特開平11-158511号）に記載のような技術（以下「先行技術」という）を提案し、上記問題を解決した。すなわち、先行技術は、裏金と、この裏金の少なくとも一方の面に接合された多孔質焼結金属層とを具備しており、多孔質焼結金属層の粒界には無機物質粒子が含有されている多孔質静圧気体軸受用の軸受素材に関するものである。そして、先行技術には、無機物質粒子に加えて、具体例として、重量比で錫4～10%、ニッケル10～40%、燐0.5～4%、黒鉛3～10%及び残部銅からなる多孔質焼結金属層が開示されている。

#### 【0010】

この先行技術に開示された軸受素材は、（1）多孔質焼結金属層の粒界には黒鉛等の無機物質粒子が含有されているので、機械加工を施してもその表面の目詰まりが抑制されて理想的な絞り構造となること、（2）多孔質焼結金属層が裏金に接合一体化されているので、この接合部からの圧縮気体の漏洩もなく、給気圧による焼結層の変形を極めて小さくすることができる、という効果を奏するものである。

#### 【0011】

この先行技術に開示された軸受素材の多孔質焼結金属層は、成分中のニッケル（Ni）及び燐（P）が焼結過程において液相のNi<sub>3</sub>Pを発生し、焼結温度の上昇とともに次第に活発となる固相－液相間での相互拡散でもって焼結層の合金化が行われ、また裏金（鋼材）への液相のNi<sub>3</sub>Pの良好なぬれ性でもって多孔質焼結金属層と裏金との接合一体化が行われて作製されるものである。

#### 【0012】



しかしながら、裏金として耐腐食性、特に耐錆性に優れたステンレス鋼を使用した場合には、該裏金と多孔質焼結金属層との接合一体化にあたり、いくつかの問題点が提起された。すなわち、(1) ステンレス鋼からなる裏金の少なくとも一方の面に多孔質焼結金属層を焼結時に接合する場合には、裏金の表面、換言すれば裏金と多孔質焼結金属層との接合界面に酸化クロム ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) 等のクロム酸化物が生成され、接合界面にクロム酸化物が介在することにより多孔質焼結金属層の裏金表面への接合一体化が阻害されること、(2) 焼結時において液相の  $\text{Ni}_3\text{P}$  の発生量が多いと斯かる液相の  $\text{Ni}_3\text{P}$  が焼結中に流れ出し、多孔質焼結金属層を裏金の表面に接合するに必要な  $\text{Ni}_3\text{P}$  の液相量が減少して該多孔質焼結金属層と裏金との接合力が弱められ、焼結後の冷却（放冷）時の温度の下降に伴う多孔質焼結金属層と裏金との間の接合面での該多孔質焼結金属層の収縮によって当該接合面で剥離を生じること、などの問題である。とくに上記 (2) の問題は、多孔質静圧気体軸受においては、当該接合面からの圧縮気体の漏洩等の欠点を惹起することになる。

#### 【0013】

本発明者は上記問題に鑑み鋭意研究を重ねた結果、上記 (1) の問題点に対しては、ステンレス鋼からなる裏金の表面にメッキ層を施し、斯かるメッキ層からなる接合層を裏金と多孔質焼結金属層との間に介在させることにより、裏金と多孔質焼結金属層との接合界面にクロム酸化物の生成を防止し、ステンレス鋼からなる裏金の表面に接合層を介して多孔質焼結金属層を接合一体化させることができることを見出し、また上記 (2) の問題点に対しては、液相の  $\text{Ni}_3\text{P}$  の発生量を少なくすることにより焼結後の冷却時の多孔質焼結金属層の収縮量を少なくし、多孔質焼結金属層と裏金との間の接合面で剥離を生じることなく接合一体化させ得るとともに多孔質焼結金属層の気孔率を高めることができ、当該多孔質焼結金属層を流通する圧縮気体による浮上量を高めることを見出した。

#### 【0014】

本発明は上記知見に基づきなされたものであり、その目的とするところは、多孔質焼結金属層とステンレス鋼からなる裏金との間に剥離等を生じることなく強固な接合一体化を行わしめることができると共に多孔質焼結金属層の気孔率を高

めて当該多孔質焼結金属層を流通する圧縮気体による浮上量を高めることができる多孔質静圧気体軸受用の軸受素材及びこれを用いた多孔質静圧気体軸受を提供することにある。

#### 【0015】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の第一の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材は、ステンレス鋼からなる裏金と、この裏金の少なくとも一方の面に接合層を介して一体にされた多孔質焼結金属層とを具備しており、多孔質焼結金属層の粒界に無機物質粒子が分散含有されており、ここで、無機物質粒子を含有する多孔質焼結金属層は、4重量%以上10重量%以下の錫と、10重量%以上40重量%以下のニッケルと、0.1重量%以上0.5重量%未満の燐と、残部が銅からなる。

#### 【0016】

第一の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材によれば、焼結過程において液相の $\text{Ni}_3\text{P}$ を発生する燐成分が0.1重量%以上0.5重量%未満の含有量であることから、液相の $\text{Ni}_3\text{P}$ の発生量が少なくなり、焼結時に液相の $\text{Ni}_3\text{P}$ が流れ出すことがなく、多孔質焼結金属層を接合層に接合するに必要な量の液相の $\text{Ni}_3\text{P}$ となり、接合層を介する該多孔質焼結金属層と裏金との接合力が高められ、しかも、液相の $\text{Ni}_3\text{P}$ の発生量が少ないことにより焼結後の冷却（放冷）時の多孔質焼結金属層の収縮量が少ないので、該多孔質焼結金属層の収縮に起因する裏金と多孔質焼結金属層との接合層を介する各接合面で該多孔質焼結金属層の剥離を生じることがない。

#### 【0017】

また、液相の $\text{Ni}_3\text{P}$ の生成量が少ない上に、接合層が介在しているので、裏金と一体化された多孔質焼結金属層の気孔率が高められる結果、多孔質焼結金属層を流通する圧縮気体の圧力損失が低下し、該多孔質焼結金属層の表面（軸受面）に噴出す給気圧力が相対的に高まることにより浮上量を高めることができる。したがって、多孔質焼結金属層と裏金とが接合層を介して強固に一体化され、多孔質焼結金属層の気孔率が高められることに起因する浮上量を高めることができる多孔質静圧気体軸受用の軸受素材とすることができる。

## 【0018】

本発明の第二の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材では、第一の態様の軸受素材において、無機物質粒子は多孔質焼結金属層に2重量%以上10重量%以下の割合で含有されており、無機物質粒子は、本発明の第三の態様の軸受素材のように、黒鉛、窒化ホウ素、フッ化黒鉛、フッ化カルシウム、酸化アルミニウム、酸化ケイ素及び炭化ケイ素のうちの少なくとも一つからなる。

## 【0019】

多孔質焼結金属層の粒界に分散含有された無機物質粒子は、このものの自体が機械加工によって塑性変形することがなく、加えて多孔質焼結金属層の素地の金属部分の塑性変形を分断して軽減する働きにより、機械加工における多孔質焼結金属層の目詰まりを抑えることができる。

## 【0020】

裏金は、本発明の第四の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材のように、円筒状に形成されていても、これに代えて、本発明の第五の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材のように、平板状に形成されていてもよく、前者の場合には、無機物質粒子を含有する多孔質焼結金属層は、裏金の円筒状の一方の面に接合層を介して一体にされており、後者の場合には、無機物質粒子を含有する多孔質焼結金属層は、裏金の平板状の一方の面に接合層を介して一体にされている。

## 【0021】

接合層は、本発明の第六の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材のように、少なくともニッケルメッキ層を含んでいても、また本発明の第七の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材のように、ニッケルメッキ層と銅メッキ層との二層のメッキ層を含んでいてもよく、ニッケルメッキ層は、いずれの場合にも、裏金の少なくとも一方の面に接合されているとよく、接合層がニッケルメッキ層と銅メッキ層との二層のメッキ層を含んでいる場合には、多孔質焼結金属層は、銅メッキ層に接合されているとよい。このニッケルメッキ層及び銅メッキ層は、それぞれ電気メッキによって形成される。

## 【0022】

本発明の第六の態様の軸受素材のように、ステンレス鋼からなる裏金の表面に

ニッケルメッキ層を含んだ接合層が形成されていて、当該ニッケルメッキ層が裏金の少なくとも一方の面に接合されていると、両者間に強固な接合一体化が行われる。また、本発明の第七の態様の軸受素材のように、裏金の表面に形成される接合層がニッケルメッキ層と銅メッキ層との二層のメッキ層を含んで、ニッケルメッキ層が裏金の少なくとも一方の面に接合され、多孔質焼結金属層が銅メッキ層に接合されていても、同様に両者間に強固な接合一体化が行われる。したがって、いずれにしてもステンレス鋼からなる裏金、多孔質焼結金属層及び接合層における接合部に剥離等を生じることはない。更に、第七の態様の軸受素材における銅メッキ層が本発明の第八の態様の軸受素材のようにニッケルメッキ層の表面に形成されていると、二層のメッキ層の強固な接合一体化を得ることができる上に、上述の通りの裏金と多孔質焼結金属層との両者間の強固な一体化を確保できる。

#### 【0023】

銅メッキ層は、好ましくは本発明の第九の態様の軸受素材のように、 $10\mu\text{m}$ 以上 $25\mu\text{m}$ 以下の厚みを有しており、より好ましくは本発明の第十の態様の軸受素材のように、 $10\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下の厚みを有しており、ニッケルメッキ層は、好ましくは本発明の第十一の態様の軸受素材のように、 $2\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下の厚みを有しており、より好ましくは本発明の第十二の態様の軸受素材のように、 $3\mu\text{m}$ 以上 $15\mu\text{m}$ 以下の厚みを有している。

#### 【0024】

本発明の多孔質静圧気体軸受は、第一から第十二のいずれかの態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材を用いたものであって、裏金に設けられていると共に、無機物質粒子を分散含有する多孔質焼結金属層に圧縮気体を供給する手段を具備している。

#### 【0025】

本発明の多孔質静圧気体軸受によれば、第四の態様のような軸受素材を用いることにより多孔質静圧気体ラジアル軸受として適用でき、または第五の態様のような軸受素材を用いることにより、多孔質静圧気体スラスト軸受として適用できる。

**【0026】**

以下、本発明及び本発明の実施の形態を、図面を参照してその好ましい例に基づいて説明する。なお、本発明はこれらの例に限定されないものである。

**【0027】****【本発明の実施の形態】**

多孔質静圧気体軸受において図1及び図2に示す本例の多孔質静圧気体ラジアル軸受1は、ステンレス鋼からなって円筒状に形成された裏金2と、裏金2の円筒状の一方の面である円筒状の内面に接合層3を介して一体にされた多孔質焼結金属層4と、裏金2に設けられた圧縮気体の供給孔5と、裏金2の内面に形成された複数の環状溝6と、裏金2の内面に形成され環状溝6を相互に連通する導通溝7とを具備しており、多孔質焼結金属層4の円筒状の内面を軸受面8としており、裏金2に設けられた供給孔5、環状溝6及び導通溝7によって多孔質焼結金属層4に圧縮気体を供給する手段が構成されている。

**【0028】**

多孔質静圧気体軸受において図3及び図4に示す本例の多孔質静圧気体スラスト軸受11は、ステンレス鋼からなって平板状に形成された裏金2と、裏金2の平板状の一方の面である平坦表面に接合層3を介して一体にされた多孔質焼結金属層4と、裏金2に設けられた圧縮気体の供給孔5と、裏金2の一方の平坦表面に形成された複数の環状溝6と、裏金2の一方の平坦表面に形成され環状溝6を相互に連通する導通溝7とを具備しており、多孔質焼結金属層4の平坦外面を軸受面8としており、裏金2に設けられた供給孔5、環状溝6及び導通溝7によって多孔質焼結金属層4に圧縮気体を供給する手段が構成されている。

**【0029】**

多孔質静圧気体ラジアル軸受1及び多孔質静圧気体スラスト軸受11において、裏金2を形成するステンレス鋼としては、オーステナイト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼あるいはフェライト系ステンレス鋼が使用される。とくに、クロム(Cr)含有量の少ないマルテンサイト系ステンレス鋼あるいはフェライト系ステンレス鋼は好ましいものである。

**【0030】**

接合層 3 は、裏金 2 の一方の面に接合されたニッケルメッキ層と該ニッケルメッキ層の表面に接合されていると共に多孔質焼結金属層 4 が表面に接合されている銅メッキ層との二層のメッキ層を含んでいる。接合層 3 を介する裏金 2 と多孔質焼結金属層 4 との各接合部に剥離等を生じさせないためには、多孔質焼結金属層 4 の形成時の加圧の程度にもよるが、ニッケルメッキ層は、 $2\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $3\ \mu\text{m}$ 以上 $15\ \mu\text{m}$ 以下の厚さを有しており、銅メッキ層は、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $25\ \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $10\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下の厚みを有している。

#### 【0031】

多孔質焼結金属層 4 は、4 重量%以上 10 重量%以下の錫と、10 重量%以上 40 重量%以下のニッケルと、0.1 重量%以上 0.5 重量%未満の燐と、2 重量%以上 10 重量%以下の無機物質と、残部が銅からなる。成分中の燐成分は、焼結過程において液相の  $\text{Ni}_3\text{P}$  を生成し、焼結を進行させるとともに裏金 2 の一方の面に形成された接合層 3 へのニッケル成分の拡散を助長し、多孔質焼結金属層 4 を強固に一体にさせる役割を果たす。

#### 【0032】

また、燐成分の配合量を 0.1 重量%以上 0.5 重量%未満とすることにより、多孔質焼結金属層 4 の焼結後冷却時の収縮量を低く抑えることができ、多孔質焼結金属層 4 の収縮に起因する多孔質焼結金属層 4 の裏金 2 の一方の面からの剥離等を生じることはない。さらに、燐成分の配合量を少なくして液相の  $\text{Ni}_3\text{P}$  の生成量を少なくすることにより、多孔質焼結金属層 4 の気孔率が高められ、多孔質焼結金属層 4 を流通する圧縮気体の圧力損失が低下することによって、該多孔質焼結金属層 4 の軸受面 8 に噴出す給気圧力が相対的に高まり浮上量を高めることができる。

#### 【0033】

多孔質焼結金属層 4 に分散含有される無機物質粒子は、黒鉛、窒化ホウ素、フッ化黒鉛、フッ化カルシウム、酸化アルミニウム、酸化ケイ素及び炭化ケイ素のうちの少なくとも一つからなる。これらは、多くの金属材料のように塑性変形することはなく、無機物質である。このような無機物質が多孔質焼結金属層 4 の錫

、ニッケル、燐及び銅からなる素地中に分散含有されていると、このもの自体が機械加工によって塑性変形することがなく、加えて、多孔質焼結金属層 4 の素地の金属部分の塑性変形を分断し軽減する働きがあるため、機械加工における多孔質焼結金属層の目詰まりを抑えることができる。そして、これら無機物質粒子の配合量は、2 重量%以上 10 重量%以下の割合が適当である。配合量が 2 重量%未満では多孔質焼結金属層 4 の素地の金属部分の塑性変形を分断し軽減する働きが充分発揮されず、また配合量が 10 重量%を超えて配合すると、多孔質焼結金属層 4 の焼結性を阻害する。

#### 【0034】

つぎに、多孔質静圧気体軸受用の軸受素材及びこの軸受素材を使用した多孔質静圧気体軸受の製造方法について説明する。

#### 【0035】

〔多孔質静圧気体スラスト軸受 11 の製造方法〕

オーステナイト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼あるいはフェライト系ステンレス鋼からなる円板状の裏金 2 を用意し、この裏金 2 の一方の面に同心円状の複数個の環状溝 6 と該環状溝 6 を相互に連通する導通溝 7 とを夫々形成するとともに、裏金 2 の他方の面から導通溝 7 に開口する圧縮気体の供給孔 5 を形成する。

#### 【0036】

環状溝 6、導通溝 7 及び供給孔 5 が形成された裏金 2 のこれら溝 6、7 及び供給孔 5 を除く一方の面である平坦表面に厚さ  $2 \sim 20 \mu\text{m}$ 、好ましくは  $3 \sim 15 \mu\text{m}$  のニッケルメッキ層を形成して、該ニッケルメッキ層の表面に厚さ  $10 \sim 25 \mu\text{m}$ 、好ましくは  $10 \sim 20 \mu\text{m}$  の銅メッキ層を形成して、裏金 2 の溝 6、7 及び供給孔 5 を除く一方の平坦表面にニッケルメッキ層と銅メッキ層とからなる二層のメッキ層を形成する。この二層のメッキ層が裏金 2 と多孔質焼結金属層 4 との接合層 3 となる。

#### 【0037】

250 メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末 4 重量%以上 10 重量%以下と、250 メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末 10 重量%以上 40 重量%

以下と、120メッシュの篩を通過する銅燐（燐14.5%）粉末0.7重量%以上3.4重量%未満の燐と、150メッシュの篩を通過する無機物質粒子3重量%以上10重量%以下と、150メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部をミキサーにて混合して混合粉末を作製する。

#### 【0038】

ヒドロキシプロピルセルロース（HPC）、ポリビニールアルコール（PVA）、カルボキシメチルセルロース（CMC）、ヒドロキシエチルセルロース（HEC）、メチルセルロース（MC）、ゼラチン、アラビアゴム及びスターチから選択される粉末結合剤の1～15重量%水溶液を該混合粉末に対して0.1～5.0重量%添加し、均一に混合して湿潤性を有する原料粉末を得る。ここで、粉末結合剤水溶液の添加量は金属混合粉末に対して、0.1～5.0重量%が好ましい。とくに、5.0重量%を超えて添加すると焼結体組織中に制御できないポア（孔）が増加し、多孔質焼結金属層4の強度を低下させる原因となる。また、粉末結合剤の溶媒としては、水以外に、エチルアルコール等の親水性化合物の5～20重量%の水溶液を使用することができる。

#### 【0039】

湿潤性を有する原料粉末は、コンベア及びホッパーによって圧延ロールに供給される。原料粉末の圧延は、双ロールを有する通常の横型圧延機を使用することができる。この横型圧延機を使用しておおよそ厚さ2～2.5mmの圧粉体シートを作製する。

#### 【0040】

この圧粉体シートを、環状溝6、導通溝7及び供給孔5を除く一方の面にメッキ層を有する裏金2上に重ね合わせ、これを還元性雰囲気もしくは真空中で800～1150℃、好ましくは850～1000℃の温度で0.1～5.0kgf/cm<sup>2</sup>、好ましくは0.5～3.0kgf/cm<sup>2</sup>の圧力をかけて20～120分間、好ましくは30～90分間焼結する。

#### 【0041】

この焼結過程において、成分中のニッケル（Ni）及び燐（P）が液相のNi<sub>3</sub>Pを発生するが、液相のNi<sub>3</sub>Pを発生する燐成分が0.1重量%以上0.5



重量%未満の含有量であることから、液相の $\text{Ni}_3\text{P}$ の発生量が少なくなり、焼結時に流れ出すことがなく、多孔質焼結金属層4を接合層3に接合するに必要な量の液相の $\text{Ni}_3\text{P}$ となり、焼結後の冷却（放冷）時の温度の下降に伴って、裏金2、多孔質焼結金属層4及び接合層3における各接合面で該多孔質焼結金属層4の収縮に起因する当該接合面で剥離を生じることがない。

#### 【0042】

また、裏金2の一方の面にはニッケルメッキ層と銅メッキ層との二層のメッキ層からなる接合層3が形成されているので、焼結過程において、多孔質焼結金属層4と裏金2との両者間に接合層3を介する強固な一体化が行われる。さらに、液相の $\text{Ni}_3\text{P}$ の生成量を少なくすることにより、多孔質焼結金属層4の気孔率が高められ、多孔質焼結金属層4を流通する圧縮気体の圧力損失が低下することによって、該多孔質焼結金属層4の軸受面8に噴出す給気圧力が相対的に高まり、浮上量を高めることができる。したがって、多孔質焼結金属層4と裏金2とが接合層3を介して強固に一体化された多孔質静圧気体スラスト軸受11用の軸受素材とすることができる。

#### 【0043】

図5は、上記成分組成からなる圧粉体シートを、表面に（1）厚さ $3\mu\text{m}$ のニッケルメッキ層と厚さ $10\mu\text{m}$ の銅メッキ層、（2）厚さ $3\mu\text{m}$ のニッケルメッキ層と厚さ $15\mu\text{m}$ の銅メッキ層、（3）厚さ $3\mu\text{m}$ のニッケルメッキ層と厚さ $20\mu\text{m}$ の銅メッキ層の三種類の接合層3を形成した裏金2上に重ね合わせ、これを還元性雰囲気中で $930^\circ\text{C}$ の温度で、 $1.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ の圧力をかけて85分間焼結して得た軸受素材について、裏金2と多孔質焼結金属層4との接合強さ（せん断強さ： $\text{N}/\text{mm}^2$ ）を示すグラフである。

#### 【0044】

図5からわかるように、（1）のメッキ層においては、裏金2と多孔質焼結金属層4との接合強さ（せん断強さ）が $6.5\sim 7.2\text{N}/\text{mm}^2$ を示し、（2）のメッキ層においては、裏金2と多孔質焼結金属層4との接合強さ（せん断強さ）が $7.1\sim 7.7\text{N}/\text{mm}^2$ を示し、（3）のメッキ層においては、裏金2と多孔質焼結金属層4との接合強さ（せん断強さ）が $6.8\sim 7.4\text{N}/\text{mm}^2$ を

示している。このように(1)～(3)のメッキ層においては、いずれも裏金2と多孔質焼結金属層4との接合強さは、 $6.5\text{ N/mm}^2$ 以上を示しており、最終の多孔質焼結金属層4の平坦面に研削やラッピング等の機械加工を施しても、裏金2と多孔質焼結金属層4との間に剥離等を生じることがない。

#### 【0045】

このようにして円板状の裏金2の一方の面に接合層3を介して焼結された多孔質焼結金属層4を具備したスラスト軸受素材を得る。得られた軸受素材の多孔質焼結金属層4の平坦表面をその粗さが $10^{-3}\text{ mm}$ 以下となるように研削やラッピングにより機械加工を施して、軸受面8を有した所望の多孔質静圧気体スラスト軸受11を得る。

#### 【0046】

〔多孔質静圧気体ラジアル軸受1の製造方法〕

オーステナイト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼あるいはフェライト系ステンレス鋼からなる円筒状の裏金2を用意し、この裏金2の内面にその軸方向に沿って等間隔に複数個の環状溝6と、該環状溝6を相互に連通する軸方向に沿う導通溝7とを夫々形成するとともに、裏金2の外周面から導通溝7に開口する圧縮気体の供給孔5を形成する。

#### 【0047】

環状溝6、導通溝7及び供給孔5が形成された裏金2のこれら溝6、7及び供給孔5を除く内面に厚さ $2\sim 20\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましくは $3\sim 15\text{ }\mu\text{m}$ のニッケルメッキ層を形成して、該ニッケルメッキ層の表面に厚さ $10\sim 25\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましくは $10\sim 20\text{ }\mu\text{m}$ の銅メッキ層を形成して、裏金2の溝6、7及び供給孔5を除く内面にニッケルメッキ層と銅メッキ層とからなる二層のメッキ層を形成する。この二層のメッキ層が裏金2と多孔質焼結金属層4との接合層3となる。

#### 【0048】

250メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末4重量%以上10重量%以下と、250メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末10重量%以上40重量%以下と、120メッシュの篩を通過する銅燐(燐14.5%)粉末0.7重量%以上3.4重量%未満と、150メッシュの篩を通過する無機物質粒子2重量%

以上10重量%以下と、150メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部をミキサーにて混合して混合粉末を作製する。

#### 【0049】

この混合粉末を金型中に装填し、成形圧力3トン/cm<sup>2</sup>～7トン/cm<sup>2</sup>の範囲で圧縮成形し、円筒状の圧粉体を作製する。

#### 【0050】

この円筒状の圧粉体を、内面に環状溝6、導通溝7及び供給孔5が形成され、かつこれら溝6、7及び供給孔5を除く内面にニッケルメッキ層と銅メッキ層とからなる二層のメッキ層が形成された円筒状の裏金2の内面に圧入嵌合する。内面に円筒状の圧粉体を圧入嵌合した円筒状の裏金2の該圧粉体の内面に金属製中子を挿入するとともに該圧粉体の内面と該金属製中子の外面との隙間にセラミック粉末を充填する。

#### 【0051】

セラミック粉末は、焼結温度範囲内で溶融しないものであり、圧粉体の配合組成各成分に対して中性または還元性雰囲気中で非反応のものであれば任意のものでよい。例えば、黒鉛、炭素、アルミナ( $Al_2O_3$ )、酸化ケイ素( $SiO_2$ )、酸化ジルコニウム( $ZrO_2$ )及び酸化マグネシウム( $MgO$ )並びにこれらの複合酸化物が挙げられる。これらセラミック粉末はその粒度があまり細かいものであると、取扱い上難点が生じ、充填性にも劣るので、35～200メッシュの範囲のものが好ましい。

#### 【0052】

金属製中子としては、熱膨張係数が大きく、耐用性のあるもの、例えば、オーステナイト系ステンレス鋼(熱膨張係数約 $1.5 \times 10^{-5}/^{\circ}C$ )が好適なものとして例示される。この中子は丸棒または中空の形態を取り得る。なお、金属製中子の外径は圧粉体の内径よりも10～30mm程度小さいものが好ましい。

#### 【0053】

ついで、還元性雰囲気もしくは真空中で800～1150℃、好ましくは850～1000℃の温度で20～120分間、好ましくは30～90分間焼結する。この焼結過程において、該セラミック粉末により該圧粉体の焼結時における内

径側への膨張量及び焼結後の冷却時における内径側への収縮量を拘束し、さらに該中子の焼結時の膨張を利用することにより、接合層 3 への圧粉体の高い接触圧力を生じせしめる。

#### 【0054】

この焼結過程において、成分中のニッケル (Ni) 及び燐 (P) が液相の  $\text{Ni}_3\text{P}$  を発生するが、液相の  $\text{Ni}_3\text{P}$  を発生する燐成分が 0.1 重量%以上 0.5 重量%未満の含有量であることから、液相の  $\text{Ni}_3\text{P}$  の発生量が少なくなり、焼結時に流れ出すことがなく、多孔質焼結金属層 4 を接合層 3 に接合するに必要な量の液相の  $\text{Ni}_3\text{P}$  となり、焼結後の冷却 (放冷) 時の温度の下降に伴って、裏金 2、多孔質焼結金属層 4 及び接合層 3 における各接合面で該多孔質焼結金属層 4 の収縮に起因する剥離を生じることがない。

#### 【0055】

また、裏金 2 の円筒状の内面にはニッケルメッキ層と銅メッキ層との二層のメッキ層からなる接合層 3 が形成されているので、焼結過程において、裏金 2 と多孔質焼結金属層 4 との両者間に接合層 3 を介する強固な一体化がなされる。さらに、燐成分の配合量を少なくして液相の  $\text{Ni}_3\text{P}$  の生成量を少なくすることにより、多孔質焼結金属層 4 の気孔率が高められ、多孔質焼結金属層 4 を流通する圧縮気体の圧力損失が低下することによって、該多孔質焼結金属層 4 の軸受面 8 に噴出す給気圧力が相対的に高まり、浮上量を高めることができる。したがって、多孔質焼結金属層 4 と裏金 2 とが接合層 3 を介して強固に一体化された多孔質静圧流体ラジアル軸受 1 用の軸受素材とすることができる。

#### 【0056】

このようにして円筒状の裏金 2 の内面に接合層 3 を介して焼結された多孔質焼結金属層 4 を具備したラジアル軸受素材を得る。このラジアル軸受素材において、円筒状の裏金 2 と裏金 2 の内面に接合層 3 を介して焼結された多孔質焼結金属層 4 との接合強さ (せん断強さ) は、 $6.5 \text{ N/mm}^2$  以上を示し、最終の多孔質焼結金属層 4 の円筒状の内面に研削やラッピング等の機械加工を施しても、裏金 2 と多孔質焼結金属層 4 との間に剥離等を生じることがない。得られた軸受素材の多孔質焼結金属層 4 の円筒状の内面をその粗さが  $10^{-3} \text{ mm}$  以下となるよ

うに研削やラッピングにより機械加工を施して、軸受面 8 を有した所望の多孔質  
静圧流体ラジアル軸受 1 を得る。

#### 【0057】

以下、本発明の実施例について詳細に説明する。なお、以下の実施例及び比較  
例において、比較例の多孔質焼結金属層 4 はステンレス鋼からなる裏金 2 に接合  
できないため、比較例においては裏金 2 に機械構造用炭素鋼 (S45C) を使用  
した。

#### 【0058】

##### 実施例 1

内径 30 mm、外径 45 mm、長さ 30 mm のマルテンサイト系ステンレス鋼  
[SUS420J2 (B)] からなる円筒状の裏金 2 を準備し、この円筒状の裏  
金 2 の内面に、該裏金 2 の軸方向に沿って等間隔に幅 2 mm、深さ 2 mm の 3 個  
の環状溝 6 と、該環状溝 6 を相互に連通する該裏金 2 の軸方向に沿う 1 個の導通  
溝 7 とを夫々形成するとともに、該裏金 2 の外周面から該導通溝 7 に開口する 1  
個の供給孔 5 を形成した。

#### 【0059】

環状溝 6、導通溝 7 及び供給孔 5 が形成された円筒状の裏金 2 のこれら溝 6、  
7 及び供給孔 5 を除く内面に厚さ 3  $\mu$ m のニッケルメッキ層と該ニッケルメッキ  
層の表面に厚さ 10  $\mu$ m の銅メッキ層との二層のメッキ層を形成した。

#### 【0060】

250 メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末 8 重量%と、250 メッシュ  
の篩を通過する電解ニッケル粉末 28 重量%と、120 メッシュの篩を通過する  
銅燐 (燐 14.5%) 粉末 1.0 重量%と、150 メッシュの篩を通過する黒鉛  
粉末 (無機物質粒子) 5 重量%と、150 メッシュの篩を通過する電解銅粉末残  
部を V 型ミキサーにて 5 分間混合して混合粉末 (銅: 58.85 重量%、錫: 8  
重量%、ニッケル: 28 重量%、燐: 0.15 重量%、黒鉛: 5 重量%) を作製  
した。

#### 【0061】

この混合粉末を金型内に装填し、成形圧力 3 トン/cm<sup>2</sup> で内径 26 mm、外

径 30 mm、長さ 30 mm の円筒状の圧粉体を作製した。

#### 【0062】

円筒状の圧粉体を前記円筒状の裏金 2 の内面に圧入嵌合した。裏金 2 の内面に圧入嵌合された圧粉体の内面に、外径 16 mm、長さ 30 mm のオーステナイト系ステンレス鋼からなる丸棒（中子）を挿入するとともに該円筒状の圧粉体の内面と該丸棒の外面との隙間にセラミック粉末（ $Al_2O_3$ ：83 重量%と  $SiO_2$ ：17 重量%の混合物、35～150 メッシュ）を充填したのち、アンモニア分解ガス雰囲気中で 930℃ の温度で 60 分間焼結し、円筒状の裏金 2 の内面に接合層 3 を介して多孔質焼結金属層 4 を一体に接合した多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 用の軸受素材を得た。この軸受素材における裏金 2 と裏金 2 の内面に一体に接合された多孔質焼結金属層 4 との接合強さ（せん断強さ）は、6.7 N/mm<sup>2</sup> であった。この軸受素材の多孔質焼結金属層 4 の気孔率を図 6 に示す。

#### 【0063】

ついで、多孔質焼結金属層 4 の内面に研削加工を施し、軸受面 8 を有した厚さ 1.7 mm の多孔質焼結金属層 4 を円筒状の裏金 2 の内面に備えた多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 を得た。

#### 【0064】

##### 実施例 2

前記実施例 1 と同様、環状溝 6、導通溝 7 及び供給孔 5 を具備し、これら溝 6、7 及び供給孔 5 を除く内面に厚さ 3  $\mu$ m のニッケルメッキ層と該ニッケルメッキ層の表面に厚さ 15  $\mu$ m の銅メッキ層との二層のメッキ層を具備した円筒状の裏金 2 を準備した。

#### 【0065】

250 メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末 8 重量%と、250 メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末 28 重量%と、120 メッシュの篩を通過する銅燐（燐 14.5%）粉末 2.0 重量%と、150 メッシュの篩を通過する黒鉛粉末（無機物質粒子）5 重量%と、150 メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部を V 型ミキサーにて 5 分間混合して混合粉末（銅：58.71 重量%、錫：8 重量%、ニッケル：28 重量%、燐：0.29 重量%、黒鉛：5 重量%）を作製

した。

#### 【0066】

以下、前記実施例1と同様の方法で、円筒状の裏金2の内面に接合層3を介して多孔質焼結金属層4を一体に接合した多孔質静圧気体ラジアル軸受1用の軸受素材を得た。この軸受素材における裏金2と裏金2の内面に一体に接合された多孔質焼結金属層4との接合強さ（せん断強さ）は、 $7.2 \text{ N/mm}^2$ であった。この軸受素材の多孔質焼結金属層4の気孔率を図6に示す。ついで、多孔質焼結金属層4の内面に研削加工を施し、軸受面8を有した厚さ1.7mmの多孔質焼結金属層4を円筒状の裏金2の内面に備えた多孔質静圧気体ラジアル軸受1を得た。

#### 【0067】

##### 実施例3

前記実施例1と同様、環状溝6、導通溝7及び供給孔5を具備し、これら溝6、7及び供給孔5を除く内面に厚さ $10 \mu\text{m}$ のニッケルメッキ層と該ニッケルメッキ層の表面に厚さ $20 \mu\text{m}$ の銅メッキ層との二層のメッキ層を具備した円筒状の裏金2を準備した。

#### 【0068】

250メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末8重量%と、250メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末28重量%と、120メッシュの篩を通過する銅燐（燐14.5%）粉末3.0重量%と、150メッシュの篩を通過する黒鉛粉末（無機物質粒子）5重量%と、150メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部をV型ミキサーにて5分間混合して混合粉末（銅：58.58重量%、錫：8重量%、ニッケル：28重量%、燐：0.42重量%、黒鉛：5重量%）を作製した。

#### 【0069】

以下、前記実施例1と同様の方法で、円筒状の裏金2の内面に接合層3を介して多孔質焼結金属層4を一体に接合した多孔質静圧気体ラジアル軸受1用の軸受素材を得た。この軸受素材における裏金2と裏金2の内面に一体に接合された多孔質焼結金属層4との接合強さ（せん断強さ）は、 $7.0 \text{ N/mm}^2$ であった。

この軸受素材の多孔質焼結金属層 4 の気孔率を図 6 に示す。ついで、多孔質焼結金属層 4 の内面に研削加工を施し、軸受面 8 を有した厚さ 1. 7 mm の多孔質焼結金属層 4 を円筒状の裏金 2 の内面に備えた多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 を得た。

#### 【 0 0 7 0 】

##### 比較例 1

内径 3 0 mm、外径 4 5 mm、長さ 3 0 mm の機械構造用炭素鋼 ( S 4 5 C ) からなる円筒状の裏金を準備し、この円筒状の裏金の内面に、該裏金の軸方向に沿って等間隔に幅 2 mm、深さ 2 mm の 3 個の環状溝と、該環状溝を相互に連通する該裏金の軸方向に沿う 1 個の導通溝とを夫々形成するとともに、該裏金の外面から該導通溝に開口する 1 個の供給孔を形成した。

#### 【 0 0 7 1 】

2 5 0 メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末 8 重量%と、2 5 0 メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末 2 8 重量%と、1 2 0 メッシュの篩を通過する銅燐 ( 燐 1 4 . 5 % ) 粉末 4 . 0 重量%と、1 5 0 メッシュの篩を通過する黒鉛粉末 ( 無機物質粒子 ) 5 重量%と、1 5 0 メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部を V 型ミキサーにて 5 分間混合して混合粉末 ( 銅 : 5 8 . 4 2 重量%、錫 : 8 重量%、ニッケル : 2 8 重量%、燐 : 0 . 5 8 重量%、黒鉛 : 5 重量% ) を作製した。

#### 【 0 0 7 2 】

以下、前記実施例 1 と同様の方法で、円筒状の裏金の内面に多孔質焼結金属層を一体に接合した多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材を得た。この軸受素材の多孔質焼結金属層の気孔率を図 6 に示す。ついで、多孔質焼結金属層の内面に研削加工を施し、軸受面を有した厚さ 1. 7 mm の多孔質焼結金属層を円筒状の裏金の内面に備えた多孔質静圧気体ラジアル軸受を得た。

#### 【 0 0 7 3 】

##### 比較例 2

前記比較例 1 と同様の円筒状の裏金を準備した。

#### 【 0 0 7 4 】



250メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末8重量%と、250メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末28重量%と、120メッシュの篩を通過する銅燐（燐14.5%）粉末7.0重量%と、150メッシュの篩を通過する黒鉛粉末（無機物質粒子）5重量%と、150メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部をV型ミキサーにて5分間混合して混合粉末（銅：57.98重量%、錫：8重量%、ニッケル：28重量%、燐：1.02重量%、黒鉛：5重量%）を作製した。

#### 【0075】

以下、前記実施例1と同様の方法で、円筒状の裏金の内面に多孔質焼結金属層を一体に接合した多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材を得た。この軸受素材の多孔質焼結金属層の気孔率を図6に示す。ついで、多孔質焼結金属層の内面に研削加工を施し、軸受面を有した厚さ1.7mmの多孔質焼結金属層を円筒状の裏金の内面に備えた多孔質静圧気体ラジアル軸受を得た。

#### 【0076】

上記実施例1ないし実施例3及び比較例1及び比較例2で得た軸受素材の開放流量（Nl/hr）と多孔質静圧気体ラジアル軸受の開放流量をそれぞれ測定して流量比（多孔質静圧気体ラジアル軸受の開放流量／軸受素材の開放流量）について調べた。開放流量の測定方法は、各軸受素材及び多孔質静圧気体ラジアル軸受の供給孔から給気圧力5kg/cm<sup>2</sup>の圧縮空気を導入し、多孔質焼結金属層を流通する圧縮空気の1時間当たりの流量（Nl/hr）を測定した。

#### 【0077】

図7は、実施例1ないし実施例3並びに比較例1及び比較例2で得た多孔質静圧気体ラジアル軸受と軸受素材との開放流量及びこれらの比（多孔質静圧気体ラジアル軸受の開放流量／軸受素材の開放流量）を示したグラフである。この図から多孔質焼結金属層を形成する成分中の燐成分の配合量が0.5重量%を境に流量比が増加していることが判る。

#### 【0078】

つぎに、上記流量比を示した実施例1ないし実施例3並びに比較例1及び比較例2の多孔質静圧気体ラジアル軸受について、供給孔から給気圧力5kg/cm

2 の圧縮空気を導入し、多孔質焼結金属層を流通する圧縮空気によって該ラジアル軸受の軸受面に挿入された軸の浮上量 ( $\mu\text{m}$ ) について調べた。

#### 【0079】

図8は、実施例1ないし実施例3並びに比較例1及び比較例2の多孔質静圧気体ラジアル軸受における負荷荷重 ( $\text{kgf}$ ) と浮上量との関係を示すグラフである。このグラフから実施例1ないし実施例3の多孔質静圧気体ラジアル軸受1は、いずれの負荷荷重においても比較例1及び比較例2の多孔質静圧気体ラジアル軸受よりも浮上量が大きいことが判る。

#### 【0080】

図8の結果から、実施例1ないし実施例3の多孔質静圧気体ラジアル軸受1と比較例1及び比較例2の多孔質静圧気体ラジアル軸受の開放流量はほぼ同じ（図7参照）であるにも拘わらず、各実施例の多孔質静圧気体ラジアル軸受1が各比較例の多孔質静圧気体ラジアル軸受よりも浮上量が大きいのは、各実施例及び比較例の軸受素材の気孔率の多寡（図6参照）に起因するものと推察される。すなわち、各実施例の軸受素材における多孔質焼結金属層4の気孔率は30%を超えており、供給孔5から導入された圧縮気体は多孔質焼結金属層4の内部を流通する際の圧力損失が小さいので、軸受面8に噴出した給気の圧力が相対的に高まり、軸受面8への給気の噴出しが多孔質焼結金属層4の全面にわたっており、それによって浮上量を大きくするものと推察される。これに対し、各比較例の軸受素材における多孔質焼結金属層の多孔率は21ないし22%であり、軸受面への給気の噴出しが導通溝部分に多く発生し、その他の多孔質焼結金属層からの給気の噴出しが極めて少ないため、軸受面への給気がアンバランスとなるためであると推察される。

#### 【0081】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、多孔質焼結金属層は焼結後の収縮量が少ないため、ステンレス鋼からなる裏金に接合層を介して強固に一体にすることができるものである。また、多孔質焼結金属層の気孔率が高められているので多孔質焼結金属層を流通する圧縮気体の圧力損失が低下し、結果として該多孔質焼結金属層の表面（軸受

面) に噴出す給気圧力が相対的に高まり、浮上量を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の多孔質静圧気体ラジアル軸受を示す断面図である。

【図 2】

図 1 に示す I I - I I 線断面図である。

【図 3】

本発明の多孔質静圧気体スラスト軸受を示す平面図である。

【図 4】

図 3 に示す I V - I V 線断面図である。

【図 5】

本発明の多孔質静圧気体軸受の接合層の厚みとせん断強さとの関係のグラフである。

【図 6】

多孔質焼結金属層の気孔率を示すグラフである。

【図 7】

多孔質静圧気体ラジアル軸受及び軸受素材の開放流量及びその流量比を示したグラフである。

【図 8】

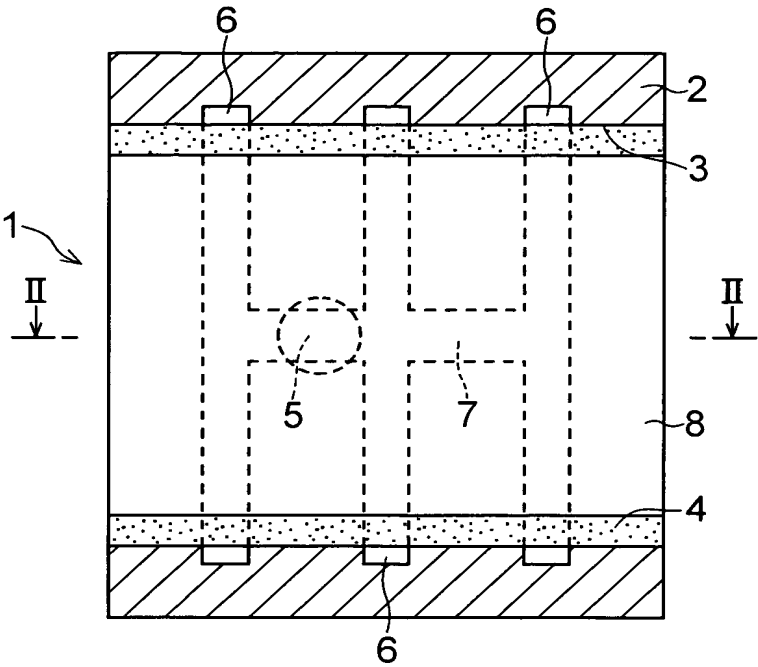
多孔質静圧気体ラジアル軸受における負荷荷重 (k g f) と浮上量 ( $\mu$  m) との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

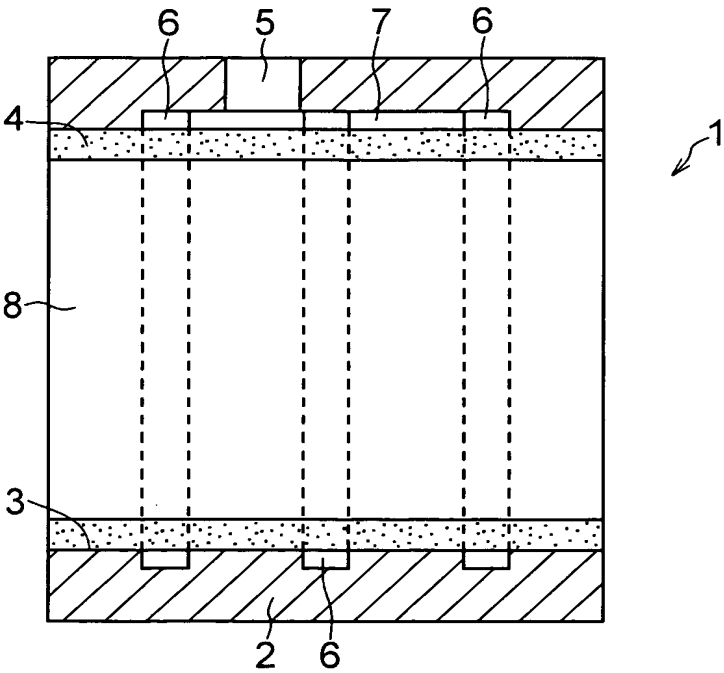
- 1 多孔質静圧気体ラジアル軸受
- 2 裏金
- 3 接合層
- 4 多孔質焼結金属層

【書類名】 図面

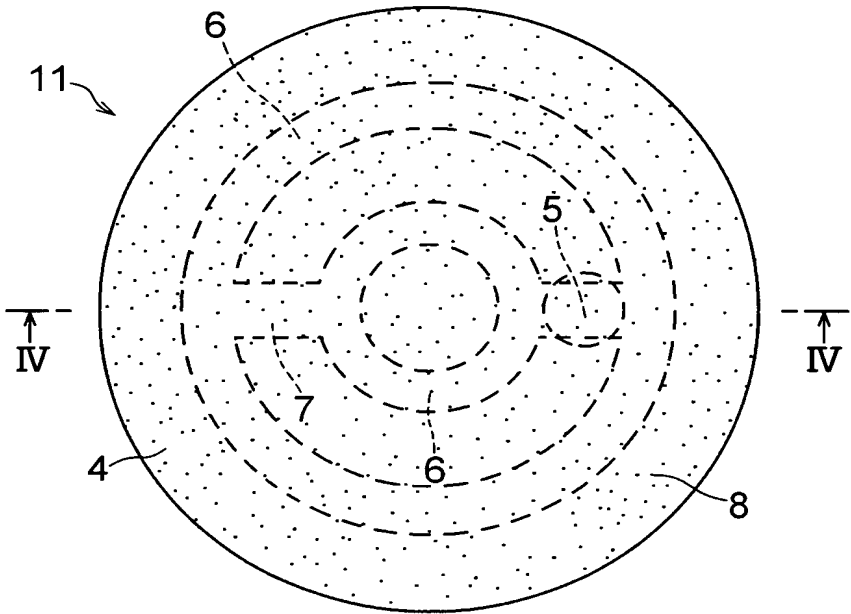
【図 1】



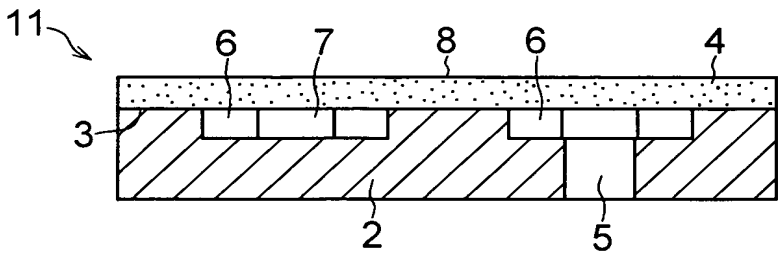
【図 2】



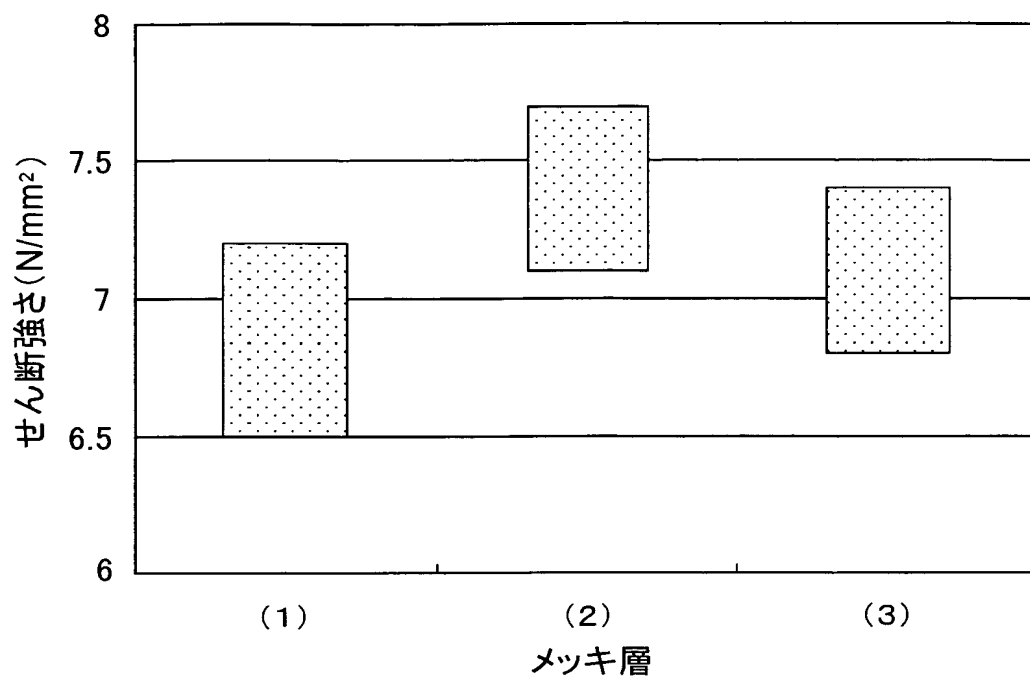
【図 3】



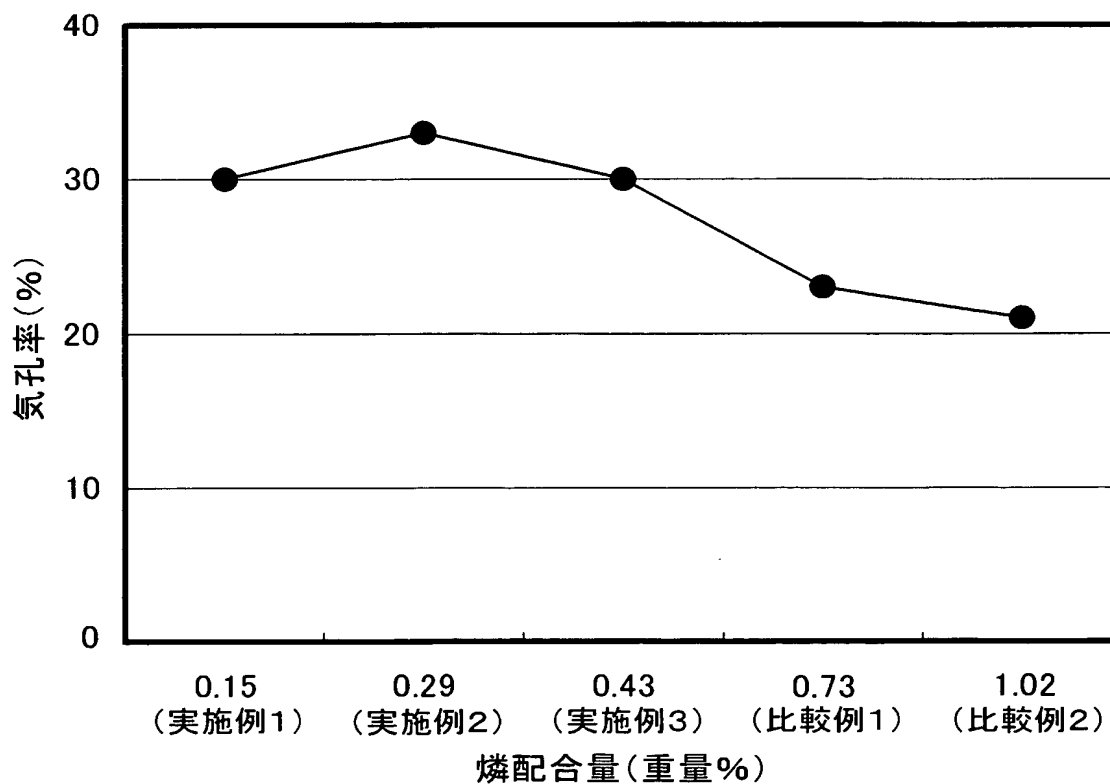
【図 4】



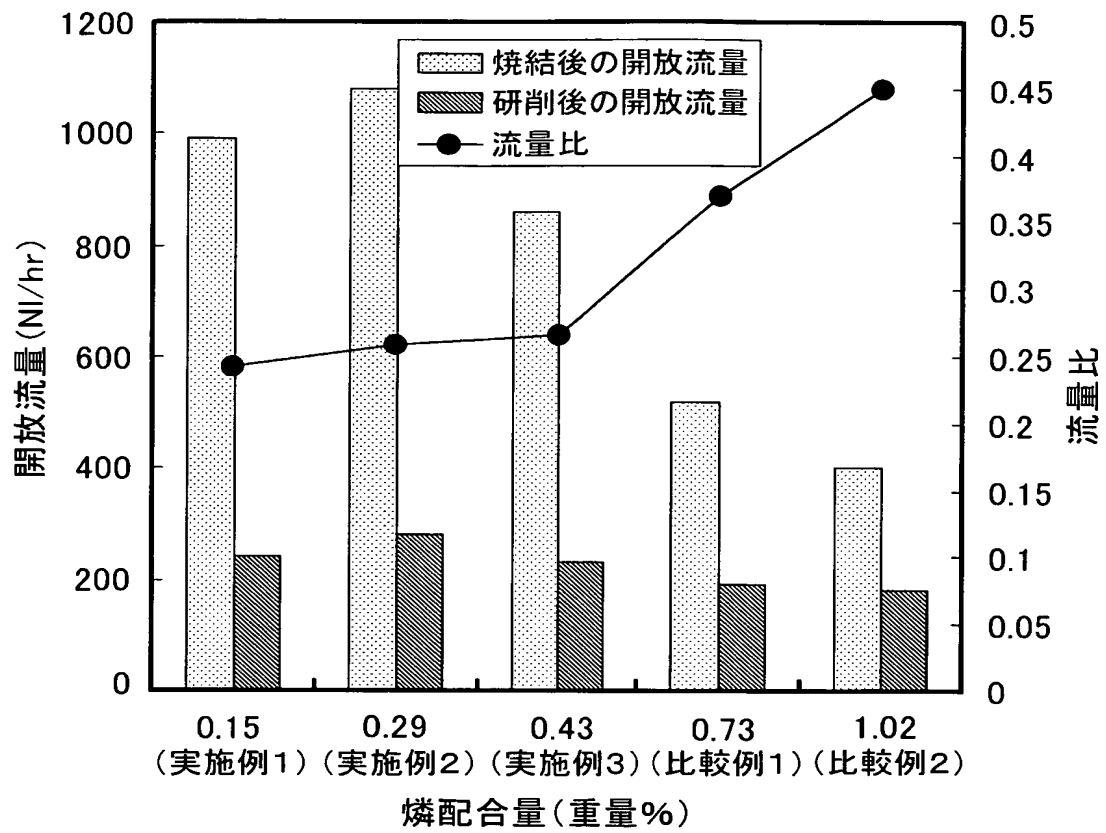
【図 5】



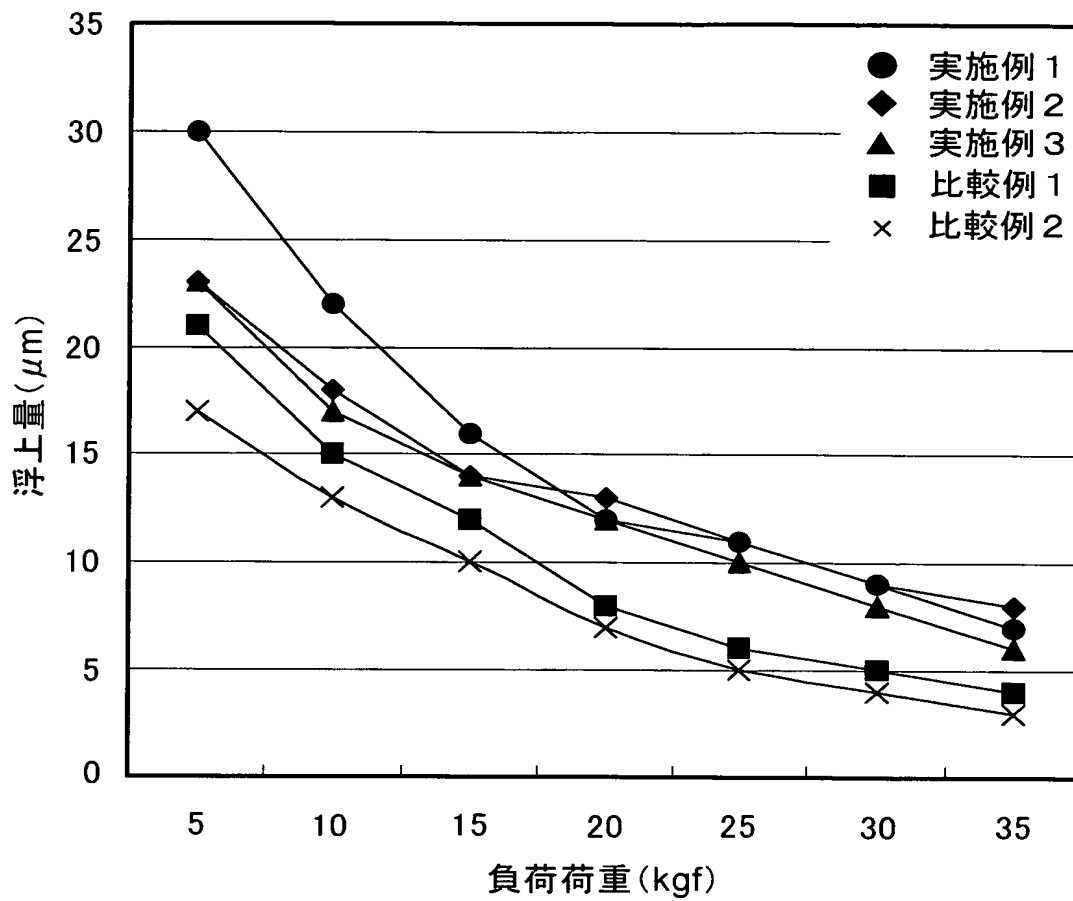
【図 6】



【図 7】



【図 8】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 多孔質焼結金属層とステンレス鋼からなる裏金との間に剥離等を生じることなく強固な接合一体化を行わしめることができると共に多孔質焼結金属層の気孔率を高めて当該多孔質焼結金属層を流通する圧縮気体による浮上量を高めることができる多孔質静圧気体軸受用の軸受素材及びこれを用いた多孔質静圧気体軸受を提供すること。

【解決手段】 ステンレス鋼からなる裏金 2 と、この裏金 2 の一方の面に接合層 3 を介して一体にされた多孔質焼結金属層 4 とを具備しており、多孔質焼結金属層 4 の粒界に無機物質粒子が分散含有されており、無機物質粒子を含有する多孔質焼結金属層 4 は、4 重量%以上 1 0 重量%以下の錫と、1 0 重量%以上 4 0 重量%以下のニッケルと、0. 1 重量%以上 0. 5 重量%未満の燐と、残部が銅からなる軸受素材。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 4 8 4 7 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 0 3 6 4 4 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝大門 1 丁目 3 番 2 号

氏 名

オイレス工業株式会社